



Agroindustrial Science

Agroind Sci 6 (2016)

Escuela de Ingeniería
Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

Influencia de la temperatura y concentración sobre el comportamiento reológico de la pulpa concentrada de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

Influence of temperature and concentration on the rheological behavior of concentrated aguaymanto pulp (*Physalis peruviana* L.)

Roxana Bustamante^a; Jimmy Oblitas^{*b}; Erika Rojas^b

^a Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cajamarca. Av. Atahualpa Km. 3, Cajamarca – Perú.

^b Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, Av. Vía de evitamiento s/n cuadra 15, Cajamarca, Perú.

*Autor para correspondencia: jimmy.oblitas@upn.edu.pe (J. Oblitas)

Recibido 21 mayo 2016; Aceptado 12 julio 2016.

RESUMEN

El comportamiento reológico es un factor importante en el control de calidad en determinadas fases de elaboración, empaque y almacenamiento de los productos, así como para proporcionar parámetros fundamentales en el diseño de máquinas para su procesamiento y diseño de empaque, en los cálculos de ingeniería, en el diseño del proceso. El objetivo de la presente investigación fue determinar la influencia de la temperatura y concentración sobre el comportamiento reológico de la pulpa de aguaymanto. Las medidas reológicas fueron realizadas mediante un viscosímetro Brookfield DV- E. Así mismo se determinó el tipo de fluido y el modelo matemático que más se ajusta. La pulpa de aguaymanto estudiada en sus diferentes concentraciones y temperaturas obedece a la ley de potencia con valores de n entre 0 y 1, y no presenta umbral de fluencia; son, por lo tanto, fluidos pseudoplásticos. En la determinación de las constantes reológicas fundamentales del producto se debe controlar, principalmente, la concentración de medición, dado que estos parámetros han demostrado ejercer un efecto significativo sobre k y n . Las constantes reológicas k y n , calculadas utilizando el método MITSCHKA, pueden servir como parámetros de control de calidad para establecer futuras especificaciones del producto en estudio. Las constantes reológicas obtenidas son válidas sólo para el rango de relación de deformación y esfuerzo de corte medidos.

Palabras clave: Viscosidad, temperatura, concentración, aguaymanto, reología

ABSTRACT

Rheological behavior is an important factor in quality control for some phases of elaboration, packaging, and storage of products, as well as for providing fundamental parameters in machine design for its processing and package design, for engineer calculations, and process design. The objective of this research was to determine the influence of temperature and concentration on the rheological behavior of aguaymanto pulp. Rheological measuring was made through a viscometer Brookfield DV- E. Likewise, the type of fluid and the most suitable mathematical model were determined. The aguaymanto pulp studied through its different concentrations and temperatures is subjected to the power law with n values between 0 and 1, and has no fluidity threshold; they are, therefore, pseudo-plastic fluids. When determining fundamental rheological fixed values of the product, measurement concentration should be mainly controlled, since these parameters have demonstrated to exert a significant effect on k and n . Rheological fixed values k and n , calculated by using MITSCHKA method, could be used as parameters of quality control to establish future specifications of the product studied. The rheological fixed values obtained are only valid for the range of relationship between deformation and cutting resistance measured.

Keywords: Viscosity, temperature, concentration, aguaymanto, rheology

1. Introducción

En la industria alimentaria se trabaja muy frecuentemente con productos que se encuentran en fase líquida, en todas o

algunas de las operaciones industriales realizadas sobre los mismos; con el conocimiento de estos parámetros se pueden hacer cálculos para el diseño de

equipos como bombas, intercambiadores de calor, evaporadores, deshidratadores y todos los equipos en los que existe flujo o cambios en la consistencia. Al ser involucrados como un índice de la calidad del alimento, conducen a relacionarlos con la aceptabilidad por medidas físicas (Alvarado, 1996). Así, las medidas reológicas de un producto en la etapa de manufactura pueden servir como control de calidad de dicho producto. También puede llegar a correlacionarse la microestructura de un producto con su comportamiento reológico, lo que permite el desarrollo de nuevos materiales (Ibarz y Barbosa-Canovas, 2011).

La viscosidad se utiliza en el cálculo de parámetros de fenómenos de transporte de cantidad de movimiento y energía, así como para el control de calidad de ciertos productos. Debido a ello, en las ecuaciones del modelo matemático planteado para las diversas operaciones que forman un determinado producto; intervienen las constantes reológicas de los fluidos que se procesan. Es por ello de suma importancia la caracterización reológica de las diferentes corrientes fluidas y la deducción de ecuaciones que permitan calcular directamente las constantes reológicas (Ibarz y Barbosa-Canovas, 2011). Para que la pulpa se constituya un insumo apto para la industria, debe procesarse y cumplir algunas características de calidad, en especial la viscosidad o consistencia, característica física fundamental en pulpas de frutas. La calidad de un producto alimentario depende de factores, entre ellos la textura en el caso de sólidos o consistencia en líquidos y semilíquidos (Roudot y Claude, 2004).

Diversos modelos reológicos han sido usados para representar el comportamiento de flujo de los alimentos líquidos, purés, zumos y concentrados de frutas; las pulpas, zumos y purés concentrados exhiben propiedades dependientes del tiempo y son flujos que dependen del esfuerzo y tensión de cizalla aplicados. Dependiendo de la concentración de sólidos totales se puede presentar o no comportamiento newtoniano (Pelegrine *et al.*, 2000; Vidal *et al.*, 2004; Salamanca, *et al.*, 2010).

2. Materiales y métodos

Materia prima

Se utilizó como materia prima frutos de aguaymanto de la localidad de Callatpampa, acopiado por la empresa Villa Andina S.A.C – Cajamarca, transformándolos a pulpa concentrada de aguaymanto para poder realizar el estudio.

Métodos

Las medidas reológicas fueron realizadas mediante un viscosímetro Brookfield DV-E (Alvarado y Aguilera, 2001). Se utilizó el SPINDLE RV 1, las velocidades rotacionales del cilindro interno estuvieron dentro del rango de 0,5 a 100 RPM. A partir de los datos de porcentaje de corte y velocidad de rotación del spindle se calculó la tensión cizalla y el gradiente de velocidad mediante la metodología de (Mitschka, 1982).

Se evaluó el efecto de la temperatura y concentración sobre el comportamiento reológico de la pulpa de aguaymanto; También se determinó los promedios de las características fisicoquímicas como: pH, sólidos solubles, acidez total volumétrica y densidad volumétrica. Así mismo se determinó el tipo de fluido y el modelo matemático que más se ajusta.

Diseño experimental y análisis estadístico

En el presente estudio se tiene como variables independientes a la temperatura ($T_1= 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2= 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_3= 65\text{ }^{\circ}\text{C}$) y concentración de ($C_1= 14\text{ }^{\circ}\text{Brix}$, $C_2=21\text{ }^{\circ}\text{Brix}$ y $C_3=28\text{ }^{\circ}\text{Brix}$). Las variables dependientes son las características reológicas (n y k).

3. Resultados y discusión

Características fisicoquímicas

En la Tabla 1 se muestra los resultados obtenidos de la caracterización físico-química de la pulpa de aguaymanto.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de pulpa de aguaymanto a 14°Brix

Variable	Pulpa de aguaymanto
°Brix	14 ± 0,6
pH	3,70 ± 0,05
Densidad (g/ml)	1,036± 0,04
Acidez total (% ácido cítrico)	0,02 ± 0,15

El contenido de sólidos fue de $14 \pm 0,6$ °Brix; la norma ICONTEC (1999), reporta por el aguaymanto un contenido de $13,4 \pm 0,2$ °Brix. Según Araujo (2009), el aguaymanto tiene un contenido de sólido solubles de $14,5$ °Brix a $14,9$ °Brix, estas medidas varían en cuanto lo hace el estado madurez de un color anaranjado a anaranjado intenso. Los valores referenciados concuerdan con el valor encontrado en esta investigación.

El contenido de acidez total, expresado como ácido cítrico es de $0,02 \pm 0,15$; calificando al aguaymanto como una fruta de alta acidez; como señalan (Sepúlveda y Sáenz, 1994), valores de acidez $1,7 - 2,1\%$. La medida de la densidad hallada fue de $1,036 \pm 0,04$ g/ml y un pH de $3,70 \pm 0,05$; la cual tiene un acercamiento a estudios realizados Marín *et al.* (2010), quienes obtuvieron el valor de $1,038 \pm 0,054$ g/ml para la densidad y un pH $3,39 \pm 0,036$ en aguaymanto.

Comportamiento reológico para la pulpa de aguaymanto

Los parámetros reológicos calculados del modelo de Mitschka (1982), para cada ensayo se muestran en la Tabla 2. En el diseño experimental la muestra utilizada fue pulpa de aguaymanto, los factores estudiados en tres niveles cada uno fueron temperatura (25 °C, 45 °C y 65 °C) de medición y concentración (14 , 21 y 28 °Brix). La temperatura y concentración tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre K y n.

El aumento en la concentración produjo un ascenso del coeficiente de consistencia y un descenso del índice de comportamiento reológico. La temperatura produjo el efecto inverso comparado con el de la concentración sobre K y n. Las inferencias obtenidas son válidas sólo para los rangos estudiados de cada factor. Los promedios de las constantes reológicas en cada tratamiento se muestran en la Tabla 2.

En la Tabla 2 se observa los valores de n y K mínima y máxima; concentración de 14 °Brix y 25 °C se tiene un índice de flujo de $n = 0,644$ y para 28 °Brix y 65 °C se tiene un mayor índice de flujo $n = 0,807$. Para la combinación de 21 °Brix y 45 °C, se tiene un índice de consistencia mínima $K = 0,338$ y de 14 °Brix y 65 °C, $K = 0,900$ como

máximo. Como se observa los valores de n son menores a la unidad, indicando que la pulpa de aguaymanto posee un comportamiento pseudoplástico.

Tabla 2. Resultados de los parámetros calculados según el diseño central compuesto centrado en las caras para la pulpa de aguaymanto

X	Codific.		Decodif.		n	K	R ²
	CC	T	CC	T			
1	-1	-1	14	25	0,64	0,736	0,928
2	-1	1	14	65	0,60	0,9	0,914
3	1	-1	28	25	0,74	0,486	0,919
4	1	1	28	65	0,80	0,403	0,95
5	-1	0	14	45	0,70	0,562	0,922
6	1	0	28	45	0,79	0,364	0,929
7	0	-1	21	25	0,68	0,575	0,895
8	0	1	21	65	0,76	0,468	0,93
9(C)	0	0	21	45	0,75	0,451	0,94
10(C)	0	0	21	45	0,79	0,338	0,919
11(C)	0	0	21	45	0,79	0,354	0,932

También puede observarse que estos datos se ajustan a la ley de la potencia ($R^2 > 0,9$); confirmando que el modelo de la ley de la potencia es adecuado para describir el flujo de pulpa de frutas en fluidos pseudoplásticos (Alvarado, 1996).

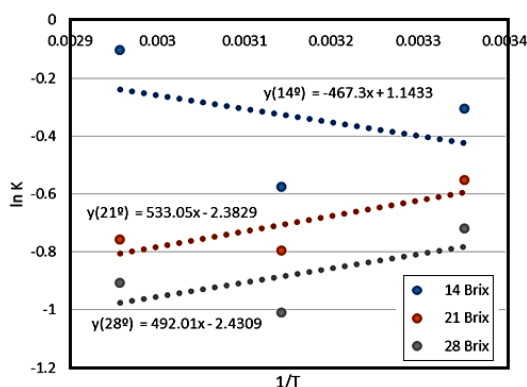
Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de aguaymanto

El efecto de la temperatura sobre el índice de consistencia se presenta en la Tabla 3 y en la Figura 1. Según la ecuación de Arrhenius, al correlacionar el inverso de la temperatura absoluta contra el logaritmo del índice de consistencia, se cumple la linealidad prevista por el modelo. En la Tabla 3 se puede observar que los valores de energía de activación calculados están entre $3,89$ y $4,09$ kJ/mol.

Los valores de Ea obtenidos, están entre $4,09$ y $4,43$ kJ/mol, Muñoz *et al.* (2012) obtuvieron valores de Ea entre $7,25$ y $20,78$ kJ/mol en pulpas de durazno concentradas de $12,5$ a 28 °Brix, evaluados a temperaturas de 30 a 65 °C. Según Ibarz *et al.* (2000), señala que el valor de la energía de activación (Ea) determina la sensibilidad de un fluido con la temperatura; así los valores altos de energía de activación corresponden a fluidos cuya viscosidad es muy sensible a la temperatura.

Tabla 3. Efecto de la temperatura en el índice de consistencia (k) en la pulpa de aguaymanto

Temperatura °K	k/ Brix 14	k/ Brix 21	k/ Brix 28
25	0,736	0,575	0,486
45	0,562	0,451	0,364
65	0,900	0,468	0,403
Ea (KJ/mol)	3,88535277	4,43161358	4,09080337

**Figura 1.** Efecto de la temperatura en el índice de consistencia de la pulpa de aguaymanto.**Tabla 4.** Coeficientes de regresión para n y k en el proceso pulpa de aguaymanto

Factores	Índice de flujo		Índice de consistencia	
	Coef. de reg.	p	Coef. de reg.	p
Mean/Interc.	0,1954	0,304	2,0953	0,0062
(1)Conc (L)	0,0244	0,161	-0,0855	0,0876
Conc (Q)	-0,0005	0,173	0,0019	0,0838
(2)Temp (L)	0,0093	0,079	-0,0258	0,0747
Temp(Q)	-0,0001	0,023	0,00038	0,0180
1L by 2L	0,0002	0,134	-0,00044	0,1442
Coef Det.	0,9239		0,9158	
Coef Det. Adj.	0,8477		0,8315	

(L) =lineal; (Q) = cuadrática

Las ecuaciones de regresión que ajustan los datos obtenidos en el diseño experimental son las siguientes:

$$n = 0,195467 + 0,0244339 \cdot C + 0,00930921 \cdot T - 0,000535983 \cdot C^2 + 0,000167857 \cdot T \cdot C - 0,000133158 \cdot T^2$$

$$k = 2,09526 - 0,0854563 \cdot C - 0,0258529 \cdot T + 0,00197154 \cdot C^2 - 0,000441071 \cdot T \cdot C + 0,000387763 \cdot T^2$$

Donde C y T son los factores concentración y temperatura de medición respectivamente, que pueden tomar los valores -1 y 1 correspondientes a los niveles mínimo y máximo del factor aludido. Ambas ecuaciones son capaces de predecir satisfactoriamente k y n, con diferencias entre los valores predichos y esperados inferiores al 2% para k y cercanas a 0% para n, considerando los factores y niveles estudiados.

Podemos observar también que estas ecuaciones ajustan adecuadamente a los valores con coeficientes de correlación para n de 92,3853 % de y para K de 91,5771 % con al menos 95% de nivel de confianza.

Tabla 5. ANVA - Índice de flujo (n)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F calc.	Valor-P
A:Temp.	0,00105576	1	0,00105576	1,53	0,2717
B:Conc.	0,00944512	1	0,00944512	13,64	0,0141
AA	0,00174738	1	0,00174738	2,52	0,1730
AB	0,002209	1	0,002209	3,19	0,1341
BB	0,00718698	1	0,00718698	10,38	0,0234
Error total	0,00346149	5	0,000692298		
Total (corr.)	0,0454582	10			

R-cuadrada = 92,3853 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 84,7707 %

El modelo resulta ser significativo, es decir, es adecuado para describir los resultados a través de la superficie de respuesta. Esto, sumado a los buenos coeficientes de regresión indica que los modelos son adecuados para predecir la respuesta de n función de las variables estudiadas

La Tabla 5 particiona la variabilidad de n en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05; indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 92,3853% de la variabilidad en n. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 84,7707%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,0263116. El error medio absoluto (MAE) de 0,016051 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

Tabla 6. ANVA - índice de consistencia K

Fuente	Suma de Cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0,017565	1	0,017565	3,45	0,122
B:Concentración	0,064340	1	0,064340	12,62	0,016
AA	0,023642	1	0,023642	4,64	0,083
AB	0,015252	1	0,015252	2,99	0,144
BB	0,06094	1	0,06094	11,96	0,018
Error total	0,02548	5	0,005096		
Total (corr.)	0,30254	10			

R-cuadrada = 91,5771 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 83,1541 %

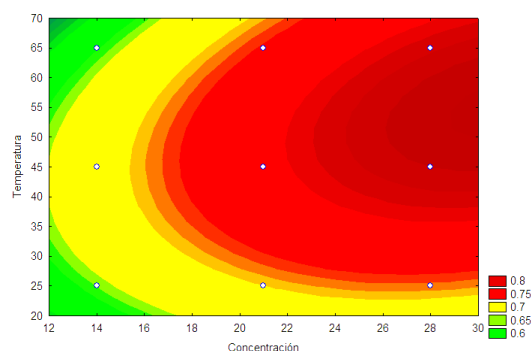
La Tabla 6 de ANOVA particiona a la variabilidad de k en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05; indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 91,5771% de la variabilidad en k. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 83,1541%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,0713907. El error medio absoluto (MAE) de 0,0424083 es el valor promedio de los residuos.

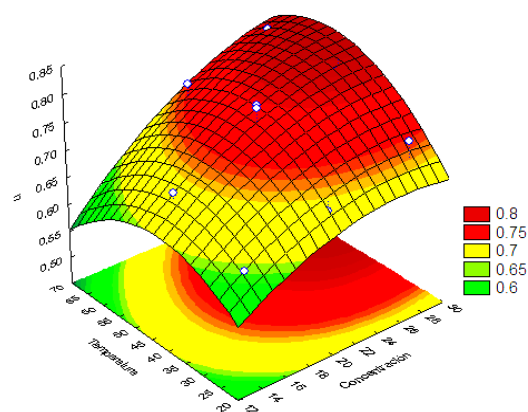
El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

Las superficies de respuesta que ajustaron estos datos se muestran en las figuras 2 y 3. Como se observa en las figuras 2 y 3, para obtenerse un mayor índice de consistencia, debe aumentarse la concentración por encima de 28 °Brix y disminuir la temperatura por debajo de los 25°C como valores promedio.

A partir de las gráficas de Pareto que presentan los efectos estandarizados (Figuras 4 y 5) sobre k y n, se deduce que la temperatura no ejerce un efecto significativo siendo la concentración significativa sobre ambas constantes reológicas del alimento estudiado.

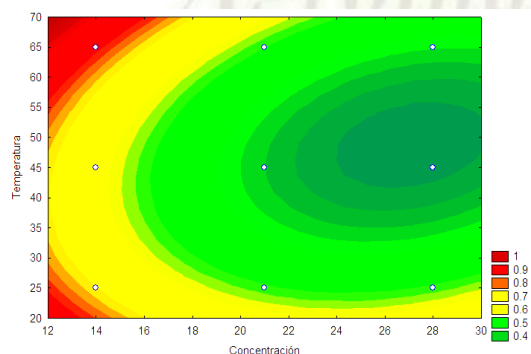


(a)

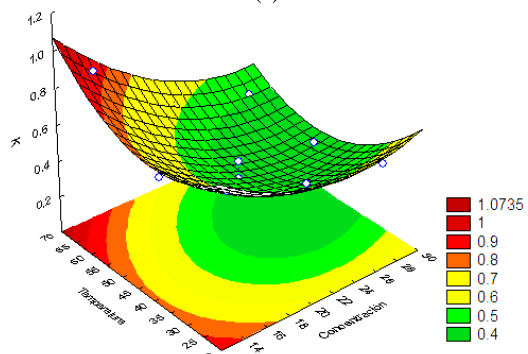


(b)

Figura 2. Curva de contornos y Superficie de Respuesta (a) y (b) de pulpa de aguaymanto para índice de flujo(n).



(a)



(b)

Figura 3. Curva de contornos y Superficie de Respuesta (a) y (b) del proceso de pulpa de aguaymanto para índice de consistencia (K).

El efecto estandarizado es el efecto estimado dividido por el error estándar. La línea vertical en cada gráfico, juzga los efectos que son estadísticamente significativos. Las barras que se extienden más allá de la línea corresponden a los efectos que fueron estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.

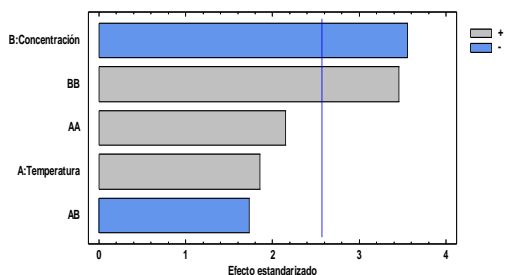


Figura 4. Diagrama de Pareto estandarizado para K, en diseño experimental factorial.

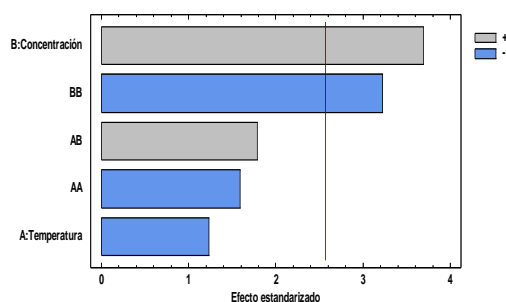


Figura 5. Diagrama de Pareto estandarizado para n, en diseño experimental factorial.

La temperatura de medición y la concentración son factores elementales que deben ser controlados en futuros ensayos. Las repeticiones se deben efectuar consecutivamente, manteniendo el producto protegido de la humedad para evitar variaciones en la concentración al momento de su reconstitución.

Al aumentar la temperatura, con cualquiera de los dos niveles de concentración, el coeficiente de consistencia aumenta mientras que el índice de comportamiento reológico disminuye. Del mismo modo, un aumento en la concentración a temperatura constante, en los niveles estudiados, produce un descenso del coeficiente de consistencia y un ligero aumento del índice de comportamiento reológico mostrados en las figuras 6 y 7.

Los resultados obtenidos no concuerdan con lo expuesto por Ibarz y Barbosa-Cánovas (2005), quienes sostienen que el

coeficiente de consistencia disminuye cuando la temperatura aumenta y que el índice de comportamiento de flujo no suele verse afectado por la variación de temperatura, sin embargo, en algunos casos se ha observado que un aumento en la temperatura puede hacer aumentar el valor de n , pasando de comportamiento pseudoplástico a newtoniano.

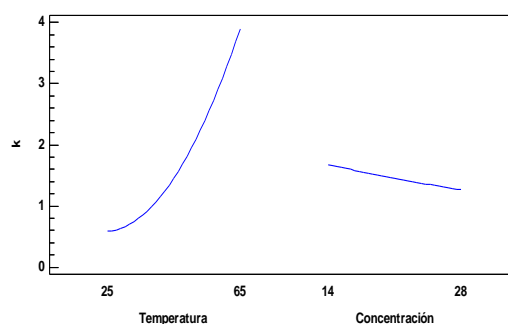


Figura 6. Gráfico de efectos principales para el coeficiente de consistencia.

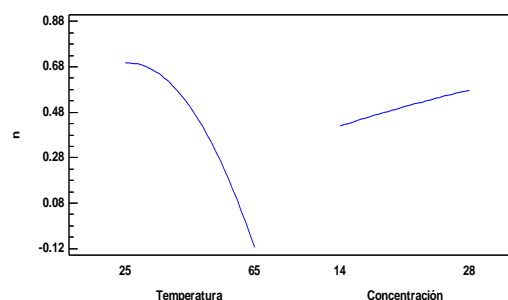


Figura 7. Gráfico de efectos principales para el índice de comportamiento reológico (n).

Por otra parte, el efecto que la concentración ejerce sobre un sistema homogéneo es el de aumentar la viscosidad o coeficiente de consistencia. En el caso del índice de comportamiento reológico, existen trabajos en los que la concentración no lo afecta como en el caso de productos de limón, mientras que en otros se observa que un aumento de la concentración disminuye el valor de n , por ejemplo en jugo de naranja concentrado (Ibarz y Barbosa-Cánovas (2005).

Coeficiente de correlación y Ley de Potencia

Los valores de los coeficientes de correlación tuvieron un promedio de 0,925273 y una desviación estándar de 0,0143185 estos se ven representadas en la Figura 8.

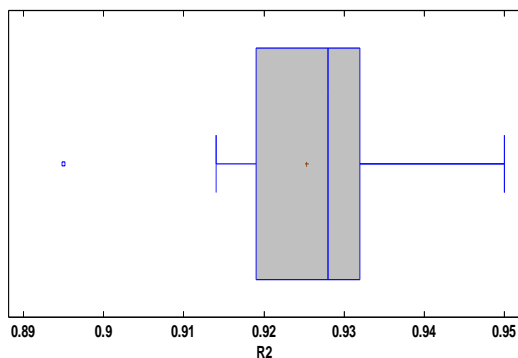


Figura 8: Gráfico de caja y bigote para los valores de R^2 obtenidos.

Los valores del coeficiente de correlación ($R^2=0,925273$), de los modelos reológicos obtenidos están entre 0,89 y 0,93 para el índice de comportamiento de flujo (n) y el índice de consistencia (k) respectivamente, todos superiores a 0,99 para el indicador del grado de ajuste de los datos a la curva modelo, por lo tanto, todas las muestras evaluadas obedecieron la ley de potencia.

4. Conclusiones

Se determinó la influencia de la temperatura y concentración, en el índice de flujo ($n \leq 0,807$) e índice de consistencia ($k \leq 0,90$) para la pulpa de aguaymanto, determinándose la pseudoplasticidad sobre la pulpa, estos valores fueron ajustados a la ley de la potencia, obteniéndose un buen ajuste con la ($R^2 > 0,92$). En la determinación de las constantes reológicas fundamentales del producto, se deben controlar principalmente la concentración de medición, dado que estos parámetros han demostrado ejercer un efecto significativo sobre k y n .

Las constantes reológicas k y n , calculadas utilizando el método MITSCHKA pueden servir como parámetros de control de calidad para establecer futuras especificaciones del producto en estudio. Las constantes reológicas obtenidas son válidas sólo para el rango de relación de deformación y esfuerzo de corte medidos.

Referencias

- Alvarado, J. 1996. Principios de ingeniería aplicados a alimentos. Editorial. Secretaría General de la OEA en Ecuador. Quito, Ecuador. 524 pp.
- Alvarado, J.; Aguilera, J. 2001. Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza-España, pp. 31-33.
- Araujo, G. 2009 El cultivo de aguaymanto o tomatillo (*Physalis peruviana* L.): Manejo Técnico en los Andes del Perú. Cultivos Andinos. Guía técnica de recopilación bibliográfica. Cajamarca, Perú. Disponible en: <http://aguaymanto.blog.galeon.com>
- Ibarz, A. y Barbosa-Canovas, G. 2011. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid. 865 pp.
- Ibarz, A.; Barbosa, V. 2005. Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Ed. Tecnología de alimentos. Mundi - Prensa. Madrid. 874 pp.
- Ibarz, A.; Barbosa-Canovas, G. y Garza, S. 2000. Métodos experimentales en la ingeniería de alimentos. Zaragoza, ES. Edit. Acribia, S.A. 292 pp.
- ICONTEC. 1999. Uchuva (*Physalis peruviana*), para el consumo fresco o destinado al procesamiento industrial. Colombia. Norma Técnica Colombiana NTC 4580
- Marin, Z.; Cortes, M.; Montoya, O. 2010. Uchuva ecotipo (*Physalis peruviana* L.) Colombiana minimamente procesada inoculada con la Cepa Nativa *Lactobacillus plantarum* LPB M10 mediante la técnica de impregnación a vacío. Rev Chil Nutr 37(4): 461-472.
- Mitschka, P. 1982. Simple Conversion of Brookfield RVT Reading into Viscosity Functions. Rheologica Acta 21(2): 207-209.
- Muñoz, E.; Rubio, L.; Chernikoff, R.; Possa, H. y Morant, M. 2012. Modelo Predictivo del Comportamiento Reológico de Pulpas de Pera. Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo. Argentina. 7 pp.
- Pelegre, D.; Vidal, J.; Gasparetto, C. 2000. Study of aparent viscosity of mango (Keitt) and pineapple (Pérola) pulps. Ciência e Tecnología de Alimentos 20 (1): 128-131.
- Roudot y Claude A. 2004. Reología y análisis de la textura de los alimentos. 1era edición. España: Editorial Acribia. 210 p.
- Salamanca, G.; Osorio, T.; Abril, J. y Casp, V. 2010. Propiedades reológicas, estabilidad térmica y estado microbiológico de cremogenados de Mora (*Rubus glaucus* Benth). Memorias. XXIX Congreso Latinoamericano de Química. XVI Congreso colombiano de Química. VI Congreso colombiano de cromatografía.
- Sepúlveda, E.; Saenz, C. 1994. El Capulí: Un fruto exótico con posibilidades agroindustriales. Revista Alimentos 19(2): 59-63.
- Vidal, J.; Pelegre, D.; Gasparetto, C. 2004. Effect of the rheological behavior of mango pulp 2004. (Magifera indica L-Keitt). Ciência e Tecnología de Alimentos 24 (1): 39-42.